

**Lichtquelle mit einem mikrostrukturierten optischen Element und
Mikroskop mit Lichtquelle**

Die Erfindung betrifft eine Lichtquelle mit einem mikrostrukturierten optischen
5 Element, das das Licht einer Primärquelle spektral verbreitert, und mit einer
Optik, die das spektral verbreiterte Licht zu einem Beleuchtungslichtstrahl
formt.

Außerdem betrifft die Erfindung ein Mikroskop, das eine Lichtquelle mit einem
mikrostrukturierten optischen Element, das das Licht einer Primärquelle
10 spektral verbreitert, und mit einer Optik, die das spektral verbreiterte Licht zu
einem Beleuchtungslichtstrahl formt, beinhaltet.

Die Patentschrift US 6,097,870 offenbart eine Anordnung zur Generierung
eines Breittbandspektrums im sichtbaren und Infraroten Spektralbereich. Die
Anordnung basiert auf einer mikrostrukturierten Faser, in die das Licht eines
15 Pumplasers eingekoppelt wird. Das Pumplicht wird in der mikrostrukturierten
Faser durch nichtlineare Effekte verbreitert. Als mikrostrukturierte Faser findet
auch sog. Photonic-Band-Gap-Material oder "photon crystal fibres", „holey
fibers“ oder „microstructured fibers“ Verwendung. Es sind auch
Ausgestaltungen als sog. „Hollow fiber“ bekannt.

20 Eine weitere Anordnung zur Generierung eines Breittbandspektrums ist in der

- Veröffentlichung von Birks et al.: „Supercontinuum generation in tapered fibers“, Opt.Lett. Vol. 25, p.1415 (2000), offenbart. In der Anordnung wird eine herkömmliche Lichtleitfaser mit einem Faserkern, die zumindest entlang eines Teilstücks eine Verjüngung aufweist verwendet. Lichtleitfasern dieser Art sind als sog. „tapered fibers“ bekannt.
- 5
- Insbesondere in der Mikroskopie, der Endoskopie, der Flußzytometrie, der Chromatographie und in der Lithographie sind zur Beleuchtung der Objekte universelle Beleuchtungseinrichtungen mit hoher Leuchtdichte wichtig. In der Scanmikroskopie wird eine Probe mit einem Lichtstrahl abgerastert. Hierzu werden oft Laser als Lichtquelle eingesetzt. Aus der EP 0 495 930: „Konfokales Mikroskopsystem für Mehrfarbenfluoreszenz“ ist beispielsweise ein Anordnung mit einem einzelnen mehrere Laserlinien emittierenden Laser bekannt. Derzeit werden hierfür meist Mischgaslaser, insbesondere ArKr-Laser, eingesetzt. Als Probe werden beispielsweise mit
- 10
- Fluoreszenzfarbstoffen präparierte, biologische Gewebe oder Schnitte untersucht. Im Bereich der Materialuntersuchung wird oft das von der Probe reflektierte Beleuchtungslicht detektiert. Auch Festkörperlaser und Farbstofflaser, sowie Faserlaser und Optisch-Parametrische-Oszillatoren (OPO), denen ein Pumplaser vorgeordnet ist, werden häufig verwendet.
- 15
- Aus der Offenlegungsschrift DE 101 15 488 A1 ist eine Vorrichtung zur Beleuchtung eines Objekts, die ein mikrostrukturiertes optisches Element beinhaltet, das das Licht eines Lasers spektral verbreitert, bekannt. Die Vorrichtung umfasst eine Optik, die das spektral verbreiterte Licht zu einem Beleuchtungslichtstrahl formt. Außerdem ist in der Offenlegungsschrift die
- 20
- Verwendung der Vorrichtung zur Beleuchtung in einem Mikroskop, insbesondere in einem Scanmikroskop, offenbart.
- 25
- Es hat sich gezeigt, dass insbesondere mehrfarbige Beleuchtungslichtstrahlen, die aus Lichtquellen stammen, die mikrostrukturiertes optisches Material, insbesondere mikrostrukturierte
- 30
- optische Fasern beinhalten, aufgrund schlechter Strahleigenschaften nur eingeschränkt verwendbar sind. Insbesondere in der Mikroskopie werden bei Verwendung derartiger Beleuchtungslichtstrahlen oft mangelhafte Ergebnisse

erzielt.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Lichtquelle mit einem mikrostrukturiertem optischen Element anzugeben, die einen Beleuchtungslichtstrahl erzeugt, der unabhängig von den in ihm enthaltenen spektralen Anteilen eine gute Strahlqualität aufweist.

Die Aufgabe wird durch eine Lichtquelle gelöst, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Optik die unterschiedlichen Divergenzen der Spektralanteile des spektral verbreiterten Lichtes kompensiert.

Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, ein Mikroskop, das eine Lichtquelle mit einem mikrostrukturierten optischen Element beinhaltet, anzugeben, mit dem auch bei Mehrfarbbeleuchtung gute Abbildungsergebnisse erzielbar sind.

Diese Aufgabe wird durch ein Mikroskop gelöst, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die Optik die unterschiedlichen Divergenzen der Spektralanteile des spektral verbreiterten Lichtes kompensiert.

Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass die mangelhafte Strahlqualität bei denen aus dem Stand der Technik bekannten Lichtquellen mit mikrostrukturiertem optischem Material darauf zurückzuführen ist, dass die Leuchtkegel der verschiedenen spektralen Anteile des spektral verbreiterten Lichts beim Austritt aus dem mikrostrukturierten optischen Material eine unterschiedliche Differenz aufweisen. Während bei "herkömmlichen Glasfasern (Step-Index-Fasern) die Divergenz für alle Wellenlängen in erster Ordnung weitgehend gleich ist, ist die Divergenz bei mikrostrukturierten Fasern umso größer, je höher die Wellenlänge des jeweiligen spektralen Anteils ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Löcher in der Ummantlung (dem Cladding) den für die jeweilige Wellenlänge effektiven Brechungsindex und auch die Dispersion modifizieren. Bei kurzen Wellenlängen dringt nur ein geringer Anteil des elektrischen Feldes in die Löcher ein, so dass der Brechungsindex im Cladding nahezu dem von dem Fasermaterial (in der Regel reinem Quarz) entspricht. Bei längen Wellenlängen dringt das elektrische Feld weit in die Region der Löcher ein, wodurch der effektive Brechungsindex stark reduziert ist. Dieser Effekt ist abhängig von der

Lochgröße und den Abständen der Löcher.

Vorteilhafterweise erzeugt die erfindungsgemäße Lichtquelle einen Beleuchtungslichtstrahl, dessen Licht für alle seine spektralen Anteile gleichzeitig kollimierbar ist. Dies wirkt sich insbesondere in der

5 Scanmikroskopie äußerst günstig aus, da es dort von entscheidender Wichtigkeit ist, dass alle spektralen Anteile des Beleuchtungslichtstrahls in der zu beobachtenden Probenebene ihren Fokus finden.

In einer bevorzugten Ausgestaltung weist die Optik für lichtunterschiedliche Wellenlängen eine unterschiedliche Brennweite auf. Dabei ist es für viele

10 Anwendungen ausreichend, dass die Optik in erster Ordnung eine lineare Abhängigkeit der Divergenz von der Wellenlänge berücksichtigt und korrigiert. Für hoch spezielle Anwendungen ist die Optik vorzugsweise exakt an die Spektraleigenschaften der mikrostrukturierten Faser angepasst.

Bei einer bevorzugten Ausführungsvariante der Lichtquelle fokussiert die Optik

15 die kürzerwelligen Spektralanteile des spektral verbreiterten Lichts stärker als die längerwelligen Spektralanteile des spektral verbreiterten Lichts.

Vorzugsweise beinhaltet das mikrostrukturierte optische Element Photonic-Band-Gap-Material und ist zusätzlich vorzugsweise als Lichtleitfaser ausgestaltet (Photonic-Crystal-Faser PCS; Holey fiber usw).

20 In einer anderen Variante weist das als Lichtleitfaser ausgestaltete mikrostrukturierte optische Element eine Verjüngung (Tapered fiber) auf.

In einer bevorzugten Variante der Lichtquelle ist eine Blende vorgesehen, die die Randstrahlen des spektral verbreiterten Lichtes ausblendet. Diese Blende trägt dem Effekt Rechnung, dass bei zunehmender Wellenlänge mehr Licht in

25 das Cladding der mikrostrukturierten Lichtleitfaser gelangt, was am Ausgang der mikrostrukturierten Lichtleitfaser sichtbar ist, wenn gleich der Lichtleistungsanteil dieses Lichts wesentlich geringer ist, als der des direkt aus dem Kern austretenden spektral verbreiterten Lichtes. Insbesondere beim Einsatz der Lichtquelle in einem konfokalen Rastermikroskop ist es von

30 Vorteil, dieses Randlicht durch eine Blende herauszufiltern. Vorzugsweise weist die Optik, die das spektral verbreiterte Licht zu einem

Beleuchtungslichtstrahl formt, eine geeignete Blende auf.

In einer ganz bevorzugten Ausgestaltungsvariante ist die Optik Bestandteil eines Mikroskops, insbesondere eines Rastermikroskops oder eines konfokalen Rastermikroskops. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Optik als
5 Objektiv ausgeführt ist.

Die erfindungsgemäße Lichtquelle ist beispielsweise auch in einem Flußzytometer oder einem Endoskop oder einem Chromatographen oder einer Lithographievorrichtung verwendbar.

Das mikrostrukturierte optische Element ist in einer bevorzugten Ausgestaltung des Scanmikroskops aus einer Vielzahl von mikrooptischen Strukturelementen aufgebaut, die zumindest zwei unterschiedliche optische Dichten aufweisen. Ganz besonders bevorzugt ist eine Ausgestaltung, bei der das optische Element einen ersten Bereich und einen zweiten Bereich beinhaltet, wobei der erste Bereich eine homogene Struktur aufweist und in
10 dem zweiten Bereich eine mikroskopische Struktur aus mikrooptischen Strukturelementen gebildet ist. Von Vorteil ist es außerdem, wenn der erste Bereich den zweiten Bereich umschließt. Die mikrooptischen Strukturelemente sind vorzugsweise Kanülen, Stege, Waben, Röhren oder Hohlräume.

Das mikrostrukturierte optische Element besteht in einer anderen Ausgestaltung aus nebeneinander angeordnetem Glas- oder Kunststoffmaterial und Hohlräumen. Besonders zu bevorzugen ist die Ausführungsvariante, bei der das mikrostrukturierte optische Element aus Photonic-Band-Gap-Material besteht und als Lichtleitfaser ausgestaltet ist. Vorzugsweise ist zwischen dem Laser und der Lichtleitfaser eine optische
15 Diode vorgesehen, die Rückreflexionen des Lichtstrahles die von, den Enden der Lichtleitfaser herrühren, unterdrückt.

Eine ganz besonders bevorzugte und einfach zu realisierende Ausführungsvariante beinhaltet als mikrostrukturiertes optisches Element eine herkömmliche Lichtleitfaser mit einem Faserkerndurchmesser von ca. 9 µm, die zumindest entlang eines Teilstücks eine Verjüngung aufweist.
20 Lichtleitfasern dieser Art sind als sog. „tapered fibers“ bekannt. Vorzugsweise

Ist die Lichtleitfaser insgesamt 1 m lang
Länge von 30 mm bis 90 mm auf. Der
beträgt in einer bevorzugten Ausgestalt
 μm .

- 5 In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand
wird anhand der Figuren nachfolgend beschrieben.

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Lichtleitfaser

Fig. 2 den Strahlverlauf in der
Optik,

- 10 Fig. 3 den Strahlverlauf in der
achromatisch korrigierter Optik,

Fig. 4 den Strahlverlauf in der
erfindungsgemäßen Lichtquelle,

Fig. 5 eine weitere erfindungsgemäße Lichtleitfaser

- 15 Fig. 6 ein erfindungsgemäßes Beleuchtungssystem

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Lichtleitfaser
optischen Element 3, das als mikrostrukturiertes Element

Die mikrostrukturierte Lichtleitfaser 5 ist mit einer
Primärlichtquelle 9, die als Pulslichtquelle ausgebildet ist,

- 20 mikrostrukturierten Lichtleitfaser 5 befindet sich ein
verbreiterte Licht zu einem Beleuchtungssystem

13 die unterschiedlichen Divergenzen des
verbreiterten Lichts, das aus der mikrostrukturierten

kompensiert. Zwischen der Primärlichtquelle 9 und der

- 25 Lichtleitfaser 5 befindet sich eine Linse 11, die das Licht der

Primärlichtquelle auf das Eintrittsende der Lichtleitfaser
fokussiert. Zum Schutz vor äußeren Einwirkungen ist das

in einem Gehäuse 19.

Fig. 2 zeigt exemplarisch den Verlauf eines ersten Lichtbündels 21 aus dem roten Spektralbereich und eines zweiten Lichtbündels 23 aus dem blauen Spektralbereich des spektral verbreiterten Lichts beim Austritt aus einer mikrostrukturierten optischen Lichtleitfaser 5. Die mikrostrukturierte Lichtleitfaser 5 weist ein Cladding 25 und einen Faserkern 27 auf. Es ist schematisch auch zu erkennen, dass das erste Lichtbündel 21 aus dem roten Spektralbereich zum Teil auch aus dem Cladding 25 austritt, während das zweite Lichtbündel 23 aus dem blauen Spektralbereich im wesentlichen aus dem Faserkern austritt. Vorzugsweise kompensiert die Optik auch diese Tatsache der Afokalität.

Fig. 3 zeigt eine Anordnung gemäß dem Stand der Technik, bei der zur Formung eines Beleuchtungslichtstrahls 15 die Optik 13 als achromatische Optik 29 ausgestaltet ist. Während das zweite Lichtbündel 23, das Licht aus dem blauen Spektralbereich beinhaltet von der achromatischen Optik 29 kollimiert wird, wird nachteilhafter Weise das Licht des ersten Lichtbündels 21, das Licht aus dem roten Spektralbereich beinhaltet, fokussiert. Die beiden Lichtbündel 21, 23 bilden folglich nicht gleichzeitig ein paralleles Strahlenbündel und daher lediglich einen Beleuchtungslichtstrahl von verminderter optischer Strahlqualität.

Fig. 4 illustriert den Verlauf des ersten Lichtbündels 21, das Licht eines roten Spektralanteils beinhaltet und des zweiten Lichtbündels 23, das Licht eines blauen Spektralanteils beinhaltet, bei Verwendung einer Optik 13, die auf die spektralen Eigenschaften der mikrostrukturierten optischen Lichtleitfaser 5 abgestimmte Optik 31 ausgeführt ist. In dieser erfindungsgemäßen Anordnung verlaufen sowohl das erste Lichtbündel 21, das Licht aus dem roten Spektralbereich des spektral verbreiterten Lichts beinhaltet, als auch das Licht des zweiten Lichtbündels 23, das Licht aus dem blauen Spektralbereich des spektral verbreiterten Lichts beinhaltet, kollimiert parallel zueinander und bilden einen Beleuchtungslichtstrahl mit einwandfreien optischen Strahleigenschaften.

Fig. 5 zeigt eine Ausgestaltungsvariante der Lichtquelle, bei der zum Ausblenden des aus dem Cladding 25 des mikrostrukturierten optischen Elements 3 austretenden Lichts eine variable Blende 33 vorgesehen ist.

Fig. 6 zeigt ein erfindungsgemäßes Rastermikroskop, das als konfokales Rastermikroskop ausgebildet ist. Der von einer Lichtquelle 1 mit einem in dieser Figur nicht gezeigten mikrostrukturierten optischen Element ausgehende Beleuchtungslichtstrahl 15 wird von der Linse 35 auf die Beleuchtungslochblende 37 fokussiert und gelangt anschließend zu dem Hauptstrahlteiler 39, der den Beleuchtungslichtstrahl 15 zu der Strahlablenkeinrichtung 41, die einen kardanisch aufgehängten Scanspiegel 43 beinhaltet, lenkt. Die Strahlablenkeinrichtung 41 führt den Beleuchtungslichtstrahl 15 durch die Scanlinse 45 und die Tubuslinse 47 sowie durch das Objektiv 49 hindurch über bzw. durch die Probe 51. Das von der Probe ausgehende Detektionslicht 53, das in der Figur gestrichelt dargestellt ist, gelangt auf dem umgekehrten Lichtweg, nämlich durch das Objektiv 49, die Tubuslinse 47 und durch die Scanlinse 45 zurück zur Strahlablenkeinrichtung 41 und zum Hauptstrahlteiler 39, passiert diesen und gelangt nach Durchlaufen der Detektionslochblende 55 zum Detektor 57, der als Multibanddetektor 59 ausgeführt ist. Im Multibanddetektor 59 wird in verschiedenen spektralen Detektionskanälen das Detektionslicht detektiert und zur Leistung proportionale elektrische Signale erzeugt, die an ein nicht gezeigtes Verarbeitungssystem zur Darstellung eines Abbildes der Probe 51 weitergegeben werden.

Die Erfindung wurde in Bezug auf eine besondere Ausführungsform beschrieben. Es ist jedoch selbstverständlich, dass Änderungen und Abwandlungen durchgeführt werden können, ohne dabei den Schutzbereich der nachstehenden Ansprüche zu verlassen.

Bezugszeichenliste:

	1	Lichtquelle
	3	mikrostrukturiertes optisches Element
5	5	Lichtleitfaser
	7	Licht
	9	Primärlichtquelle
	11	Puls laser
	13	Optik
10	15	Beleuchtungslichtstrahl
	17	Fokussieroptik
	19	Gehäuse
	21	erstes Lichtbündel
	23	zweites Lichtbündel
15	25	Cladding
	27	Faserkern
	29	achromatische Optik
	31	abgestimmte Optik
	33	Blende
20	35	Linse
	37	Beleuchtungellochblende
	39	Hauptstrahlteiler
	41	Strahlableinrichtung
	43	Scanspiegel
25	45	Scanlinse
	47	Tubuslinse

	49	Objektiv
	51	Probe
	53	Detektionslicht
	55	Detektionslochblende
5	57	Detektor
	59	Multibanddetektor

Patentansprüche

1. Lichtquelle mit einem mikrostrukturierten optischen Element, das das Licht einer Primärquelle spektral verbreitert, und mit einer Optik, die das spektral verbreiterte Licht zu einem Beleuchtungslichtstrahl
5 formt, dadurch gekennzeichnet, dass die Optik die unterschiedlichen Divergenzen der Spektralanteile des spektral verbreiterten Lichtes kompensiert.
2. Lichtquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Optik für Licht unterschiedlicher Wellenlängen eine unterschiedliche
10 Brennweite aufweist.
3. Lichtquelle nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Optik die kürzerwelligen Spektralanteile des spektral verbreiterten Lichtes stärker fokussiert, als die längerwelligen Spektralanteile des spektral verbreiterten Lichtes
- 15 4. Lichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das mikrostrukturierte optische Element Photonic-Band-Gap-Material beinhaltet.
5. Lichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das mikrostrukturierte optische Element als
20 Lichtleitfaser ausgestaltet ist.
6. Lichtquelle nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das mikrostrukturierte optische Element eine Verjüngung (tapered Fiber) aufweist.
7. Lichtquelle nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch
25 gekennzeichnet, dass das mikrostrukturierte optische Element eine Photonic-

Crystal-Faser (mikrostrukturierte Faser, Holey Fiber) ist.

8. Lichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Blende vorgesehen ist, die Randstrahlen des spektral verbreiterten Lichtes ausblendet.
- 5 9. Lichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Optik Bestandteil eines Mikroskops, insbesondere eines Rastermikroskop oder eines konfokalen Rastermikroskops, ist.
10. Lichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Optik ein Objektiv ist.
- 10 11. Lichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet durch die Verwendung in einem Flußzytometer oder einem Endoskop oder einem Chromatographen oder einer Lithographievorrichtung.
12. Mikroskop, das eine Lichtquelle mit einem mikrostrukturierten optischen Element, das das Licht einer Primärquelle spektral verbreitert, und mit einer Optik, die das spektral verbreiterte Licht zu einem Beleuchtungslichtstrahl formt, beinhaltet, dadurch gekennzeichnet, dass die Optik die unterschiedlichen Divergenzen der Spektralanteile des spektral verbreiterten Lichtes kompensiert.
- 15 13. Mikroskop nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Optik für Licht unterschiedlicher Wellenlängen eine unterschiedliche Brennweite aufweist.
- 20 14. Mikroskop nach einem der Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Optik die kürzerwelligen Spektralanteile des spektral verbreiterten Lichtes stärker fokussiert, als die längerwelligen Spektralanteile des spektral verbreiterten Lichtes
- 25 15. Mikroskop nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das mikrostrukturierte optische Element Photonic-Band-Gap-Material beinhaltet.
16. Mikroskop nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das mikrostrukturierte optische Element als
- 30

Lichtleitfaser ausgestaltet ist.

17. Mikroskop nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das mikrostrukturierte optische Element eine Verjüngung (tapered Fiber) aufweist.
- 5 18. Mikroskop nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass das mikrostrukturierte optische Element eine Photonic-Crystal-Faser (mikrostrukturierte Faser, Holey Fiber) ist.
19. Mikroskop nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Optik ein Objektiv ist.
- 10 20. Mikroskop nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Mikroskop ein Rastermikroskop, insbesondere ein konfokales Rastermikroskop, ist.

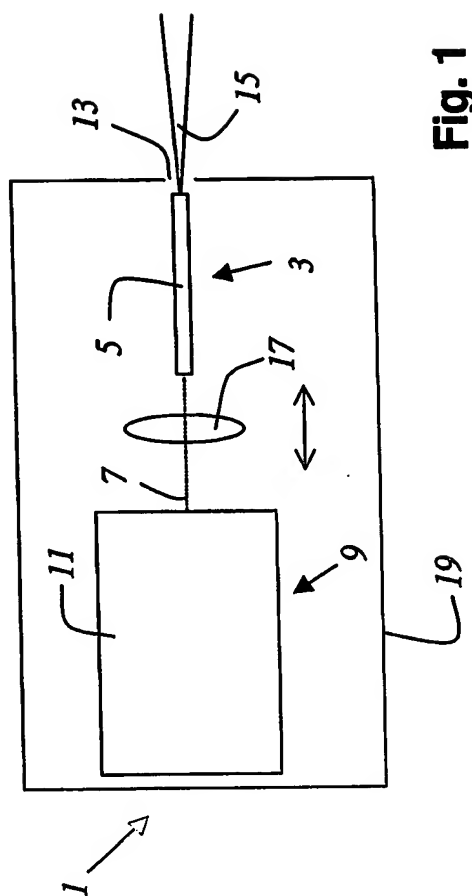


Fig. 1

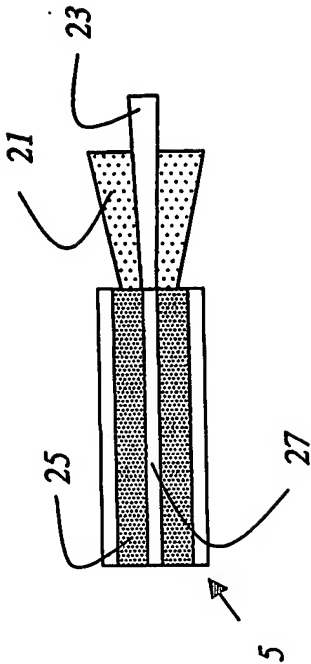


Fig. 2

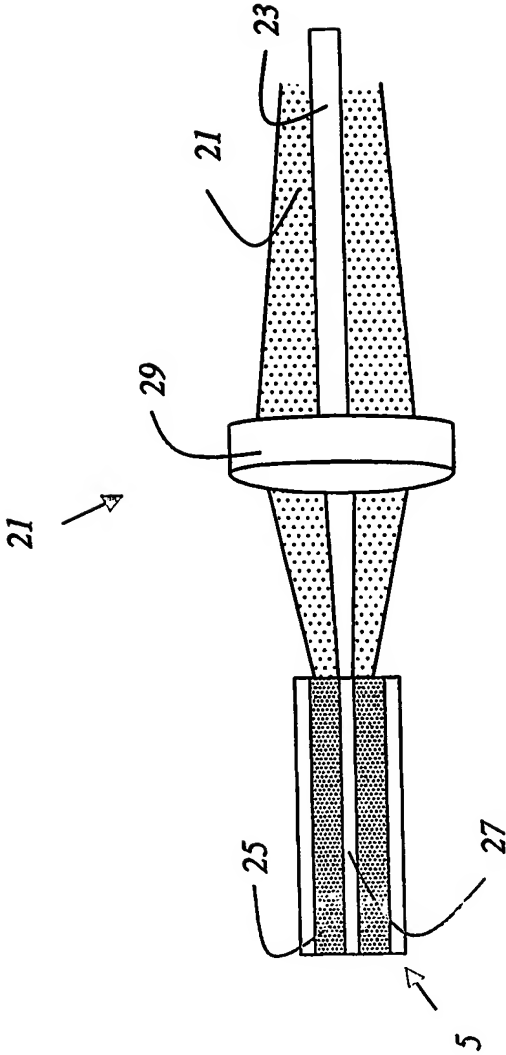


Fig. 3

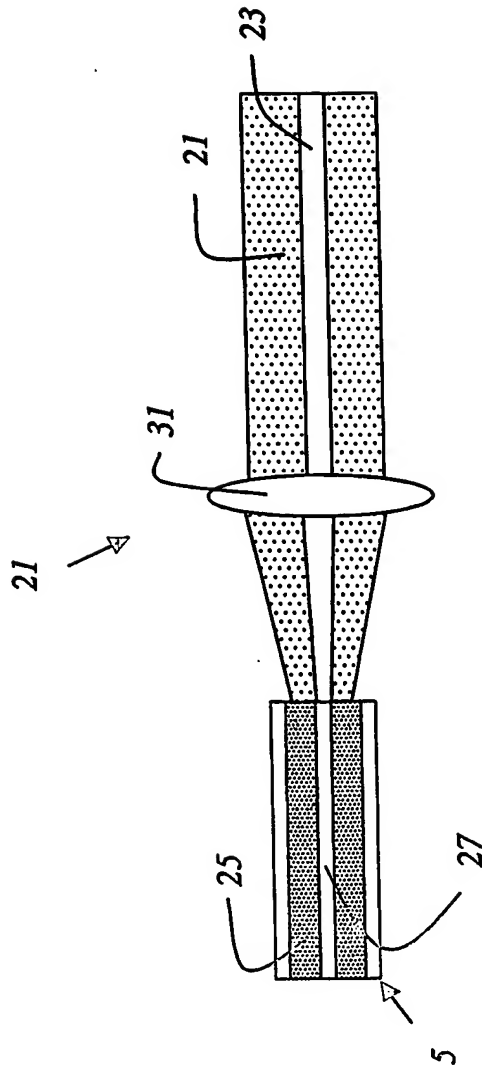


Fig. 4

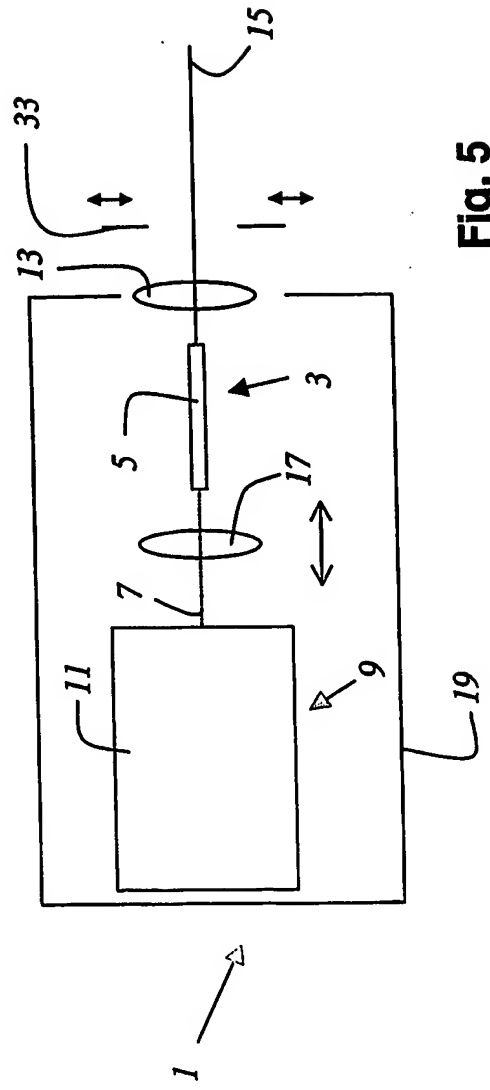


Fig. 5

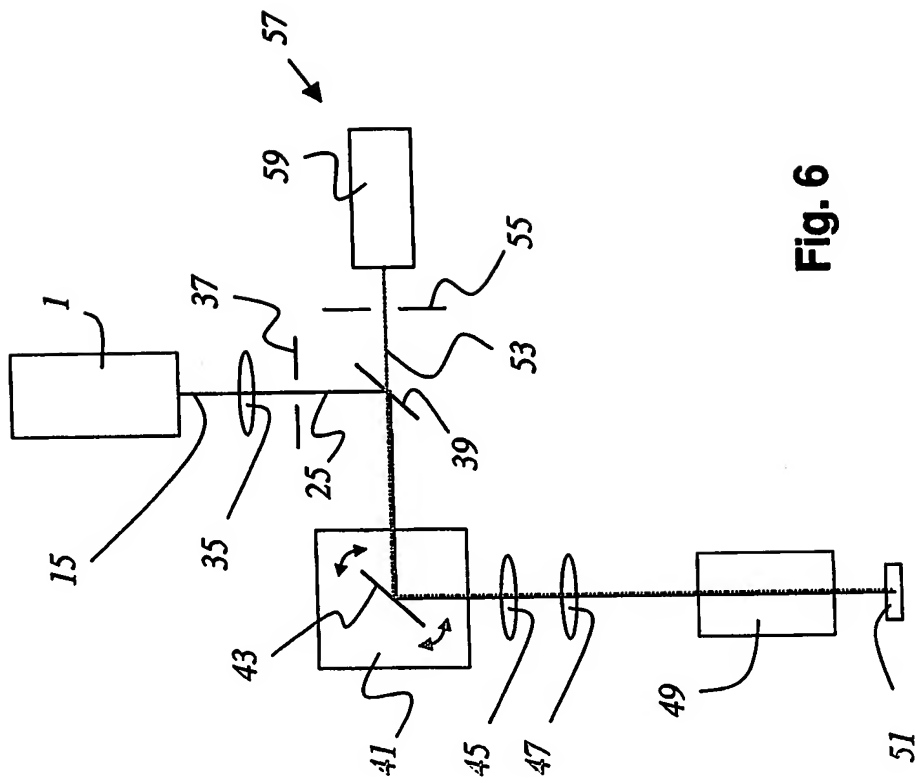


Fig. 6

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 G02B6/32 G02B21/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/009260 A1 (BIRK HOLGER ET AL) 24 January 2002 (2002-01-24) paragraphs '0012!', '0014!', '0017!', '0029!', '0030!', '0041!' - '0043!', '0046!', '0047!; figures 1-3,6-8	1,4-9, 12, 15-18,20
Y	the whole document	2,3,13, 14
X	DE 101 15 488 A (LEICA MICROSYS HEIDELBERG GMBH) 20 December 2001 (2001-12-20) cited in the application paragraphs '0017!', '0033!', '0044!; figure 7 ----- -/--	1,11,12

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

12 October 2004

Date of mailing of the International search report

20/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Blau, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP2004/051515

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4 742 222 A (SUGAR PETER ET AL) 3 May 1988 (1988-05-03) column 5, line 32 - line 33; figure 1 column 6, line 27 - line 38 -----	2, 3, 13, 14
A	GANDER M J ET AL: "Measurement of the wavelength dependence of beam divergence for photonic crystal fiber" OPTICS LETTERS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, US, vol. 24, no. 15, 1 August 1999 (1999-08-01), pages 1017-1019, XP002163834 ISSN: 0146-9592 page 1018, column 2; figures 2,4 -----	1-20
A	DE 198 11 371 A (ZEISS CARL JENA GMBH) 7 October 1999 (1999-10-07) column 2; figure 3 -----	1-3, 12-14
A	DE 197 02 753 A (ZEISS CARL JENA GMBH) 30 July 1998 (1998-07-30) abstract; figures 1-4 column 2, line 13 - line 63 column 3, line 47 - line 63 -----	1-3, 8-10, 12-14, 19,20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/051515

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002009260	A1	24-01-2002	DE 10115589 A1	20-12-2001
			DE 10115486 A1	20-12-2001
			DE 10115487 A1	20-12-2001
			DE 10115488 A1	20-12-2001
			DE 10115509 A1	20-12-2001
			DE 10115577 A1	20-12-2001
			DE 10115590 A1	20-12-2001
			EP 1164400 A1	19-12-2001
			EP 1164401 A1	19-12-2001
			EP 1164402 A1	19-12-2001
			EP 1186929 A2	13-03-2002
			EP 1164406 A2	19-12-2001
			EP 1164403 A1	19-12-2001
			EP 1184701 A1	06-03-2002
			JP 2002055283 A	20-02-2002
			JP 2002055284 A	20-02-2002
			JP 2002062262 A	28-02-2002
			JP 2002098896 A	05-04-2002
			JP 2002048979 A	15-02-2002
			JP 2002082286 A	22-03-2002
			JP 2002048980 A	15-02-2002
			US 2002018290 A1	14-02-2002
			US 2002050564 A1	02-05-2002
			US 2002043622 A1	18-04-2002
			US 2002028044 A1	07-03-2002
			US 2002006264 A1	17-01-2002
			US 2002018293 A1	14-02-2002
DE 10115488	A	20-12-2001	DE 10115488 A1	20-12-2001
			EP 1164406 A2	19-12-2001
			JP 2002098896 A	05-04-2002
			US 2002028044 A1	07-03-2002
			US 2002006264 A1	17-01-2002
			DE 10115486 A1	20-12-2001
			DE 10115487 A1	20-12-2001
			DE 10115509 A1	20-12-2001
			DE 10115577 A1	20-12-2001
			DE 10115589 A1	20-12-2001
			DE 10115590 A1	20-12-2001
			EP 1164400 A1	19-12-2001
			EP 1164401 A1	19-12-2001
			EP 1164402 A1	19-12-2001
			EP 1186929 A2	13-03-2002
			EP 1164403 A1	19-12-2001
			EP 1184701 A1	06-03-2002
			JP 2002055283 A	20-02-2002
			JP 2002055284 A	20-02-2002
			JP 2002062262 A	28-02-2002
			JP 2002048979 A	15-02-2002
			JP 2002082286 A	22-03-2002
			JP 2002048980 A	15-02-2002
			US 2002018290 A1	14-02-2002
			US 2002009260 A1	24-01-2002
			US 2002050564 A1	02-05-2002
			US 2002043622 A1	18-04-2002
			US 2002018293 A1	14-02-2002
US 4742222	A	03-05-1988	HU 37832 A2	28-02-1986

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4742222 A		EP 0187849 A1	23-07-1986
		WO 8601005 A1	13-02-1986
		JP 61502985 T	18-12-1986
		YU 120085 A1	31-12-1987
DE 19811371 A	07-10-1999	DE 19811371 A1	07-10-1999
DE 19702753 A	30-07-1998	DE 19702753 A1	30-07-1998
		DE 19758744 C2	07-08-2003
		DE 19758745 C2	14-08-2003
		DE 19758746 C2	31-07-2003
		DE 19758748 C2	31-07-2003
		US 6167173 A	26-12-2000
		US 6563632 B1	13-05-2003
		US 6486458 B1	26-11-2002
		US 6631226 B1	07-10-2003

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 G02B6/32 G02B21/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/009260 A1 (BIRK HOLGER ET AL) 24. Januar 2002 (2002-01-24) Absätze '0012!, '0014!, '0017!, '0029!, '0030!, '0041! - '0043!, '0046!, '0047!; Abbildungen 1-3,6-8	1,4-9, 12, 15-18,20
Y	das ganze Dokument	2,3,13, 14
X	DE 101 15 488 A (LEICA MICROSYS HEIDELBERG GMBH) 20. Dezember 2001 (2001-12-20) in der Anmeldung erwähnt Absätze '0017!, '0033!, '0044!; Abbildung 7	1,11,12
	----- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. Oktober 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

20/10/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Blaü, G

C (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 4 742 222 A (SUGAR PETER ET AL) 3. Mai 1988 (1988-05-03) Spalte 5, Zeile 32 - Zeile 33; Abbildung 1 Spalte 6, Zeile 27 - Zeile 38 -----	2,3,13, 14
A	GANDER M J ET AL: "Measurement of the wavelength dependence of beam divergence for photonic crystal fiber" OPTICS LETTERS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, US, Bd. 24, Nr. 15, 1. August 1999 (1999-08-01), Seiten 1017-1019, XP002163834 ISSN: 0146-9592 Seite 1018, Spalte 2; Abbildungen 2,4 -----	1-20
A	DE 198 11 371 A (ZEISS CARL JENA GMBH) 7. Oktober 1999 (1999-10-07) Spalte 2; Abbildung 3 -----	1-3, 12-14
A	DE 197 02 753 A (ZEISS CARL JENA GMBH) 30. Juli 1998 (1998-07-30) Zusammenfassung; Abbildungen 1-4 Spalte 2, Zeile 13 - Zeile 63 Spalte 3, Zeile 47 - Zeile 63 -----	1-3, 8-10, 12-14, 19,20

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentli-

chen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/051515

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2002009260	A1	24-01-2002	DE	10115589 A1	20-12-2001
			DE	10115486 A1	20-12-2001
			DE	10115487 A1	20-12-2001
			DE	10115488 A1	20-12-2001
			DE	10115509 A1	20-12-2001
			DE	10115577 A1	20-12-2001
			DE	10115590 A1	20-12-2001
			EP	1164400 A1	19-12-2001
			EP	1164401 A1	19-12-2001
			EP	1164402 A1	19-12-2001
			EP	1186929 A2	13-03-2002
			EP	1164406 A2	19-12-2001
			EP	1164403 A1	19-12-2001
			EP	1184701 A1	06-03-2002
			JP	2002055283 A	20-02-2002
			JP	2002055284 A	20-02-2002
			JP	2002062262 A	28-02-2002
			JP	2002098896 A	05-04-2002
			JP	2002048979 A	15-02-2002
			JP	2002082286 A	22-03-2002
			JP	2002048980 A	15-02-2002
			US	2002018290 A1	14-02-2002
			US	2002050564 A1	02-05-2002
			US	2002043622 A1	18-04-2002
			US	2002028044 A1	07-03-2002
			US	2002006264 A1	17-01-2002
			US	2002018293 A1	14-02-2002
DE 10115488	A	20-12-2001	DE	10115488 A1	20-12-2001
			EP	1164406 A2	19-12-2001
			JP	2002098896 A	05-04-2002
			US	2002028044 A1	07-03-2002
			US	2002006264 A1	17-01-2002
			DE	10115486 A1	20-12-2001
			DE	10115487 A1	20-12-2001
			DE	10115509 A1	20-12-2001
			DE	10115577 A1	20-12-2001
			DE	10115589 A1	20-12-2001
			DE	10115590 A1	20-12-2001
			EP	1164400 A1	19-12-2001
			EP	1164401 A1	19-12-2001
			EP	1164402 A1	19-12-2001
			EP	1186929 A2	13-03-2002
			EP	1164403 A1	19-12-2001
			EP	1184701 A1	06-03-2002
			JP	2002055283 A	20-02-2002
			JP	2002055284 A	20-02-2002
			JP	2002062262 A	28-02-2002
			JP	2002048979 A	15-02-2002
			JP	2002082286 A	22-03-2002
			JP	2002048980 A	15-02-2002
			US	2002018290 A1	14-02-2002
			US	2002009260 A1	24-01-2002
			US	2002050564 A1	02-05-2002
			US	2002043622 A1	18-04-2002
			US	2002018293 A1	14-02-2002
US 4742222	A	03-05-1988	HU	37832 A2	28-02-1986

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/051515

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4742222	A		EP	0187849 A1	23-07-1986
			WO	8601005 A1	13-02-1986
			JP	61502985 T	18-12-1986
			YU	120085 A1	31-12-1987
<hr/>					
DE 19811371	A	07-10-1999	DE	19811371 A1	07-10-1999
<hr/>					
DE 19702753	A	30-07-1998	DE	19702753 A1	30-07-1998
			DE	19758744 C2	07-08-2003
			DE	19758745 C2	14-08-2003
			DE	19758746 C2	31-07-2003
			DE	19758748 C2	31-07-2003
			US	6167173 A	26-12-2000
			US	6563632 B1	13-05-2003
			US	6486458 B1	26-11-2002
US	6631226 B1	07-10-2003			
<hr/>					